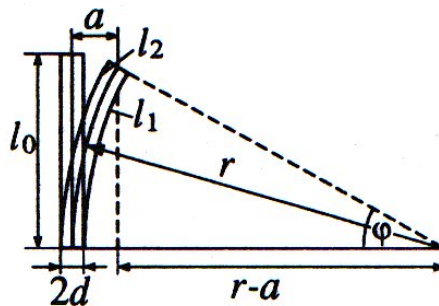


1. Ein dünnwandiger Stahlring (Elastizitätsmodul  $E = 2,06 \cdot 10^5 \text{ MPa}$ , Zerreißfestigkeit  $\sigma_B = 675 \text{ MPa}$ , linearer Ausdehnungskoeffizient  $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ) soll auf eine Welle von **40 mm** Durchmesser aufgeschraubt werden. Dabei soll die im Ring auftretende Zugspannung den Wert von  $0,3\sigma_B$  nicht überschreiten.
- a) Wie groß muss der Innendurchmesser  $d_0$  des kalten Ringes vor dem Aufschrubfen mindestens sein?  
(Lösung: 3,996 cm)
- b) Wie groß muss die Mindesttemperaturdifferenz zwischen Ring und Welle sein, damit sich ein Ring mit dem in Punkt (a) berechneten Mindestdurchmesser aufschrubfen läßt? (Lösung: 82 K)
2. Ein Bimetallstreifen (Länge  $l_0$ ) besteht aus je zwei **0,5 mm** starken Metallblechen mit den Ausdehnungskoeffizienten  $\alpha_1 = 8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  und  $\alpha_2 = 16 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  bei  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ .



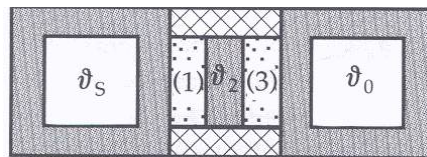
- Wie groß muß  $l_0$  sein, damit bei  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  seine seitliche Auslenkung am freien Ende **1 mm** beträgt?  
(Lösung: 5 cm)

3. Ein leeres Glasgefäß ( $\alpha = 1 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ ) hat die Masse  $m_0 = 0,1 \text{ kg}$ . Mit Hg gefüllt, hat es bei einer Temperatur von  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  die Masse  $m_1 = 1,431 \text{ kg}$ . Wenn wir das Gefäß auf eine Temperatur von  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  erwärmen, fließt ein Teil des darin enthaltenen Quecksilbers aus, sodaß das Gefäß mit dem darin verbleibenden Quecksilber nur noch **1,423 kg** wiegt. Man berechne daraus den tatsächlichen Volumenausdehnungskoeffizienten von Quecksilber. (Lösung:  $1,8 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ )

Bitte Seite wenden!

4. Zur Messung der **Wärmeleitfähigkeit**  $\lambda_1$  einer Keramikplatte wird folgende Anordnung benutzt: Zwischen zwei Kupferbehältern, von denen der eine mit siedendem Wasser ( $\vartheta_s$ ) der andere mit einem Eis/Wasser-Gemisch ( $\vartheta_0$ ) gefüllt ist, befindet sich ein seitlich durch Glaswolle von der Umgebung isolierter Wärmeleiter, der aus drei Schichten gleicher Querschnittsfläche  $A$  aufgebaut ist. Diese Schichten sind die zu untersuchende Keramikplatte ( $d_1 = 20 \text{ mm}$ ), ein Kupferblech ( $\lambda_2 = 384 \text{ WK}^{-1} \text{ m}^{-1}$ ) auf der Temperatur  $\vartheta_2 = 24,3 \text{ }^\circ\text{C}$ , sowie eine Porzellanplatte ( $d_3 = 12 \text{ mm}$ ) mit  $\lambda_3 = 1,44 \text{ WK}^{-1} \text{ m}^{-1}$ . Die Wärmeübergangszahl zwischen Kupfer und jedem anderen Material ist  $\kappa = 5,5 \text{ kWK}^{-1} \text{ m}^{-2}$ .

*Hinweis:* Die Temperaturdifferenzen an den Übergängen zwischen Wasser und Kupfer können vernachlässigt werden.



- a) Man bestimme  $\lambda_1$  unter Vernachlässigung der Temperaturdifferenz im Kupferblech.  
(Lösung:  $0,75 \text{ WK}^{-1} \text{ m}^{-1}$ )
- b) Das Kupferblech zwischen Keramik- und Porzellanplatte hat die Dicke  $d_2 = 2,0 \text{ mm}$ . Welche Temperaturdifferenz  $\Delta\vartheta$  entsteht im Kupferblech, wenn  $\vartheta_2$  an der dem Porzellan zugewandten Seite gemessen wird. (Lösung:  $0,015 \text{ K}$ )
5. Die Luft in einem Raum hat die Temperatur  $\vartheta_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  und weist eine *relative Feuchtigkeit* von  $\varphi_{\text{rel}} = 0,8$  auf, was einem *Taupunkt* von  $16,5 \text{ }^\circ\text{C}$  entspricht. Die Wärmeübergangszahl für die *Innenseite* der Wand beträgt  $\kappa = 8,14 \text{ WK}^{-1} \text{ m}^{-2}$ , die *Außentemperatur* ist  $\vartheta_a = -15 \text{ }^\circ\text{C}$ . Die *Außenwand* hat eine Dicke von  $38 \text{ cm}$  ( $k_w = 1,56 \text{ WK}^{-1} \text{ m}^{-2}$ ). Die Wärmeübergangszahl für die Außenseite ist vernachlässigbar. Um eine **Schwitzwasserbildung** zu vermeiden, soll die Wand durch eine **Heraklithplatte** ( $\lambda_H = 0,072 \text{ WK}^{-1} \text{ m}^{-1}$ ) verstärkt werden.
- Man berechne die Dicke der Heraklithplatte! (Lösung:  $3,35 \text{ cm}$ )
6. Mit einer nach dem **Carnot-Prozeß** laufenden Wärmepumpe soll eine Stadtheizungsanlage auf der Temperatur  $\vartheta = 80 \text{ }^\circ\text{C}$  gehalten werden. Zur Verfügung stehen die elektrische Antriebsleistung  $P = 30 \text{ MW}$  und ein Fluß, durch dessen Profil Wasser der Stromstärke  $I = 400 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  und der Temperatur  $\vartheta = 5 \text{ }^\circ\text{C}$  fließt.
- a) Welche *Wärmemenge*  $Q_1$  wird je Sekunde an die Stadtheizung abgegeben? (Lösung:  $141 \text{ MJ}$ )
- b) Um wieviel wird der Fluss abgekühlt? (Lösung:  $0,066 \text{ K}$ )